

**И.В.АРТЕМОВ**, “Головной специализированный  
конструкторско-технологический институт”, г. Мариуполь

## **О НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА КРУПНОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

На прикладі ВАТ “Азовмаш” обґрунтована необхідність застосування автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва. Сформульовані основні вимоги до такої системи. Окреслені можливі варіанти та напрями конкретних розробок.

On the example of Azovmash Open Corporation a necessity of application of the automated system of technological preparation of production is grounded. The basic requirements to such system are formulated. Possible variants and directions of concrete developments are outlined.

**Введение.** Открытое акционерное общество “Азовмаш” – одно из крупнейших машиностроительных предприятий Украины, известный на мировом рынке поставщик железнодорожных цистерн и грузовых вагонов, металлургического, подъемно-транспортного, горнорудного оборудования, автотопливозаправщиков, бронетехники и других видов продукции.

В условиях рыночной экономики промышленному предприятию необходимо быстро реагировать на изменения маркетинговой ситуации, оперативно осваивать выпуск новых изделий и постоянно повышать конкурентоспособность выпускаемой продукции. При этом для повышения конкурентоспособности продукции необходима оперативная реакция на требования постоянных и новых заказчиков по изменению конструктивных характеристик и улучшению качества изготавливаемых изделий, на сокращение сроков подготовки производства, на увеличение производительности труда.

В связи с этим особую актуальность приобретает вопрос о необходимости внедрения автоматизированной системы технологической подготовки производства (ТПП) на таком крупном машиностроительном предприятии, как ОАО “Азовмаш”. При этом такую масштабную научно-техническую задачу предпочтительнее рассматривать, в первую очередь, с точки зрения практической необходимости.

**Состояние проблемы.** Как известно, протяженность жизненного цикла изделия определяется четырьмя основными этапами: проектированием изделия, подготовкой производства, изготовлением и эксплуатацией [1]. На первых трех этапах формируется потенциальный уровень протяженности жизненного цикла. Все этапы этого периода взаимосвязаны и находятся в единой системе. Этап проектирования начинается с выработки концепции нового изделия, которая уточняется, анализируется и после проектной проработки материализуется в виде конструкторской докумен-

тации. Для организации производства разрабатывается технология изготовления изделия, осуществляется материальное и календарное планирование программы его выпуска. Этап производства заканчивается контролем качества продукции. Затем изделие проходит промышленные испытания и попадает на рынок сбыта.

В общей цепи жизненного цикла изделия технологическая подготовка производства играет важнейшую роль. Скорость, полнота и качество решения задач ТПП напрямую влияют на эффективность производства и, соответственно, на деятельность предприятия в целом. Поэтому, в настоящее время одним из перспективных направлений обеспечения конкурентоспособности предприятия является повышение эффективности технологической подготовки производства выпускаемых изделий. Необходимость повышения эффективности ТПП объясняется еще и тем, что трудоемкость технологического проектирования обычно в несколько раз превышает трудоемкость машиностроительного конструирования, а сам этот процесс сопровождается подготовкой больших объемов документации [2]. Перед заводами Украины, активизирующими сегодня свое производство, ставятся задачи ускоренной разработки технологической документации. Степень проработанности и форма представления ее должна соответствовать гарантиям качества выпускаемой продукции и требованиям ГОСТов, действующим в стране, и международным стандартам. Это же необходимо и для расширения производства – освоения выпуска новых изделий.

Таким образом, в сложившихся условиях рыночной экономики, предприятие вынуждено оперативно проводить конструкторско-технологическую подготовку производства в достаточно узких временных рамках. Этого невозможно достичь без применения соответствующих средств автоматизации инженерного труда, без внедрения прогрессивных компьютерных технологий и систем автоматизированного проектирования как для конструктора, так и для технолога.

В настоящее время существует значительное отставание уровня автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП) от систем автоматизированного проектирования конструкторских работ (САПР КР). Это отставание объясняется несколькими объективными причинами. Наиболее существенная из них заключается в том, что САПР КР в отличие от АСТПП универсальны. Конструкторские системы могут применяться без существенной адаптации практически на любом машиностроительном предприятии. Для них характерны широкий рынок сбыта, возможность продажи «под ключ». Поэтому фирмы-разработчики программного обеспечения в области САПР проявляют наибольший интерес именно к этому типу систем. АСТПП, напротив, специализированны и зависят от характера производства, вида выпускаемой продукции, серийности их выпуска. Кроме того, прикладное программное обеспечение АСТПП неоднородно по назначению. Оно формируется из набора продуктов, каждый из которых обеспечивает разработку отдельного вида технологических процессов.

Оценивая состояние развития автоматизированных систем технологического проектирования, следует отметить, что до недавнего времени успешно разрабатывались лишь АСТПП отдельных процессов. К ним можно отнести сборку конструкций и обработку резанием [3,4], так как основные операции данных процессов хорошо формализованы и прекрасно моделируются графическими твердотельными образами, вследствие этого системы их технологического проектирования органически интегрируются с конструкторскими САПР. Автоматизированные системы для проектирования остальных технологий (литейного производства, обработки давлением, сварки и т.п.) не могут базироваться на подобных принципах, т.к. должны учитывать особенности и закономерности процессов нагрева, кристаллизации, пластического формоизменения и других явлений, существенным образом влияющих на формирование требуемого уровня качества продукции.

В основу АСТПП, как правило, закладывается принцип групповой технологии, согласно которому все детали классифицируются и объединяются в группы в зависимости от способа их изготовления. Для каждой группы деталей задается свой алгоритм разработки процесса, причем методика проектирования может быть реализована двумя способами. Первый из них базируется на автоматизации расчетов, которые традиционно применяются при “безмашинном” проектировании. Подобный подход носит механистический характер, он весьма эффективен в случае проектирования хорошо формализованных процессов, однако позволяет получать лишь усредненные значения технологических параметров [5]. Второй способ основан на системном подходе к разрабатываемой технологии, при проектировании которой принимаются во внимание реологические свойства материала заготовки, взаимосвязь и закономерности физических явлений, сопровождающих изучаемый процесс [6].

Большинство подобных систем с теми или иными вариациями работает примерно следующим образом. Сначала в систему вручную вводятся конструкторские спецификации. Затем – некоторая технологическая информация для всех деталей и сборочных единиц. Такая информация почти всегда включает в себя предварительный маршрут движения детали (узла) по цехам и норму расхода основного материала. Часто имеется также список технологических операций и время, затрачиваемое на каждую из них. Самые детализированные, с точки зрения технологии, системы позволяют еще и подробно описать каждую операцию, то есть содержат данные об оборудовании, технологические переходы, оснастку, инструмент и т.д. Важной функцией всех систем такого класса является “разузлование”: возможность получения консолидированной информации о количестве деталей, сборочных единиц и т.д., которые следует произвести в рамках производственной программы или одного изделия. По связанной с каждой деталью технологической информации рассчитывается суммарная потребность в материалах и трудоемкость.

Результатом работы программы чаще всего является комплект необхо-

димых для производства сводных ведомостей (ведомость специфицированных норм расхода материалов, ведомость подетальной трудоемкости, загрузки оборудования, ведомость сборочных единиц и деталей со входимостью и другие).

Теперь в общих чертах рассмотрим современные тенденции развития программных средства для технической подготовки производства. Сегодня проблема автоматизации ТПП связана с решением целого комплекса задач, в том числе относящихся к организации информационного взаимодействия различных процессов технологической подготовки. Кроме того, учитывая необходимость интеграции всех этапов производственного процесса, весьма важным представляется обеспечение взаимодействия АСТПП и других производственных подсистем (CAD, CAE) в рамках единого информационного поля.

Моделирование, расчеты, трехмерное и двумерное проектирование, ведение проектов и состава изделий, выпуск графической и текстовой конструкторской документации - все эти и другие конструкторские задачи можно решать в разном объеме и средствами разных CAD-систем. Программное обеспечение этого класса применяется уже почти на всех предприятиях для проектирования как собственно изделий, так и технологической оснастки. Предложений, касающихся автоматизации труда технологов, намного меньше, но найти технологическую САПР сейчас тоже не проблема. Большинство предлагаемых пакетов ориентировано на автоматизацию именно разработки конкретного технологического процесса как таковую. Можно сравнивать преимущества и недостатки разных пакетов, но, за редким исключением, их объединяет одно: конечным продуктом является технологическая документация на конкретную деталь или узел. Естественно, желание пользователя построить сквозной автоматизированный цикл проектирования не осталось без ответа разработчиков. Как правило, предлагается объединить конструкторскую и технологическую информацию в едином информационном пространстве (посредством разного рода систем технического документооборота и управления электронными архивами).

При таком решении конструкторская и технологическая информация обычно хранится в электронном архиве в виде файлов, каждый из которых является спецификацией, чертежом, технологическим процессом или другим документом (в данном случае название "документ", конечно, весьма условно), относящимся к конкретной детали. Связь же между этими файлами, описывающая структуру изделия или проекта, устанавливается с помощью внешнего приложения - например, PDM-системы управления информацией об изделиях и проектах.

В принципе, система с подобной структурой охватывает практически все задачи конструкторских и технологических отделов. Удобно разрабатывать документы, все хранится в одном хорошо управляемом архиве, модули PDM позволяют без лишних сложностей работать со структурой изделий и организовать безбумажный документооборот. Каждый пользователь не про-

сто создает с помощью САПР необходимые ему на данном этапе документы: попутно он закладывает в общую базу данных свою часть информации об изготовлении детали или изделия. Конструктор вводит или передает из CAD-приложения спецификации, технолог в этой же системе разрабатывает ТП (причем технологический процесс может быть сквозным, он не ограничен принадлежностью к какому-то одному виду производства), бюро нормирования с помощью специальных средств рассчитывают трудовые и материальные нормативы. В единой системе мы получаем абсолютно полную техническую информацию о выпускаемых изделиях, их составе, технологиях изготовления, используемых материалах, стандартных и покупных элементах, оборудовании, инструменте и т.д. Таким образом, подобные системы можно рассматривать как конструкторско-технологические, подготавливающие основную информацию для планирования производства и управления им.

Рынок САПР стран СНГ предлагает пользователям целый ряд программных продуктов, ориентированных на автоматизацию работы технолога. Выбор базовой системы построения автоматизированного рабочего места (АРМ) технолога в конечном итоге сводится к основному набору функциональных свойств и требований, которым она должна соответствовать.

**Требования к АСТПП.** В процессе комплексного решения проблемы необходимо конкретизировать требования, предъявляемые к средствам автоматизации технологической подготовки производства, причем структура и состав требований существенно зависят от выбора того или иного предприятия. Укрупненно можно сформулировать следующие требования к автоматизированной системе ТПП применительно к ОАО “Азовмаш”:

1) Вся разнородная конструкторская и технологическая документация структурирована и располагается в едином, надежном и управляемом электронном архиве, обеспечивающим пользователям права доступа на выполнение тех или иных действий, в т.ч. процесс согласования документации, сдачи в архив, внесение изменений и т.д.

2) Технологическая система должна быть обязательно лишь звеном в цепи интегрированных систем автоматизации управления предприятием: технолог должен максимально воспользоваться информацией о составе изделия (спецификации) и графической информацией из конструкторской САПР (на предприятии в качестве базовых могут быть различные графические пакеты, например, в ОАО “Азовмаш” – это AutoCAD, Solid Works, КОМПАС)

3) Должна предоставляться возможность закачивания информации или подключения всех имеющихся на предприятии баз данных в среду единой PDM-системы, а также иллюстрирования графическими изображениями классификаторов, справочников, сценариев, анкет оснастки и паспортов оборудования.

4) Процесс проектирования технологий и подготовки технологической документации должен быть автоматизирован и максимально приближен к существующему на предприятии, т.е. обеспечивать:

- создание любых новых и редактирование имеющихся в базе данных

форм бланков технологической документации;

- получение практически любых ведомостей и сводных ведомостей по материалам, операциям, переходам, оборудованию, оснастке, расцеховочным маршрутам, технологическим документам;
- оперативную настройку вида и состава комплекта технологических документов на различные типы производств (единичное, серийное, массовое и т.д.);
- создание расцеховочных маршрутов на изделие и вариантов расцеховочных маршрутов в зависимости от входимости изделия в другие изделия, назначение сроков действия и признаков разработки/аннулирования маршрутов;
- проектирование технологического процесса обработки детали для различных видов производств (механообработка, гальваника, термообработка, сварка, консервация, окраска, литье, сборка, холодная штамповка и т.д.);
- получение выборок изделий и техпроцессов по разнообразным критериям с целью последующего получения по ним ведомостей; в качестве критериев могут выступать атрибуты изделия, расцеховочного маршрута или параметры техпроцесса (оборудование, оснастка, материалы и т.д.).

5) Система при разработке техпроцессов должна обеспечивать:

- интеграцию с конструкторским интерфейсом, позволяющую технологу работать непосредственно с изображениями технологического объекта и максимально использовать визуальную информацию в процессе технологического проектирования;
- проектирование технологического процесса обработки детали на основе ТП-аналога, с использованием библиотеки типовых фрагментов (фрагмент представляет собой набор операций, переходов и используемой оснастки) и с применением типовых ТП;
- предоставление гибкой подсистемы расчетов: расчеты выполняются по настраиваемым сценариям с привлечением встроенной экспертной системы, использующей базу знаний (база данных, технологические таблицы и формулы);
- автоматический подбор оборудования и оснастки к операциям и переходам с привлечением средств экспертной системы.

б) Результат работы технолога должен быть доступен системе АСУП и может быть использован для решения задачи оперативно-календарного планирования производства (для условий ОАО “Азовмаш” - это корпоративная системой управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятия SAP R/3) для получения расчетной потребности в основных и вспомогательных материалах, данных о трудоемкости, используемом оборудовании, его загрузке и т.д. Немаловажно то, что эта информация может быть сгруппирована, отсортирована и представлена в любых комбинациях на

бумаге или в электронном виде. Должно поддерживаться произвольное количество версий спецификаций и технологических процессов, что обеспечивает возможность оперативно получать сводную информацию, соответствующую реальной текущей ситуации на предприятии.

7) Иметь блочную структуру, чтобы в условиях “дискретного” финансирования поэтапно внедрять системы автоматизации.

**Выводы.** В заключении необходимо отметить, что западная система технологической подготовки производства существенно отличается от системы, принятой на заводах стран бывшего СССР. Поэтому импортных систем автоматизированного проектирования, автоматизирующих маршрутно-операционные технологии в принятом на наших заводах виде, не существует. Внедрение же большинства западных САПР на заводе с устоявшимися традициями в технологической подготовке производства без “революционных” преобразований на предприятии невозможно.

Вышеперечисленным требованиям в той или иной степени соответствуют ряд отечественных САМ систем, которые максимально учитывают специфику ТПП машиностроительных заводов постсоветского пространства: “КОМПАС-АВТОПРОЕКТ” (фирма АСКОН, г.Санкт-Петербург), TechnologiCS (фирма “Consistent Software”, г. Москва), TechCard (“ИНТЕР-MEX”, г.Минск). Поэтому по нашему мнению именно интегрированные (CAD/CAM/CAE/PDM) системы этих фирм целесообразно рассматривать для автоматизации труда конструкторов и технологов на машиностроительных предприятиях.

В статье приведены основные требования, которым должна удовлетворять разрабатываемая система автоматизации технологической подготовки производства. В качестве направлений дальнейших исследований – разработка конкретных вариантов интегрированных автоматизированных систем для такого крупного машиностроительного предприятия как ОАО “Азовмаш”.

**Список литературы:** 1. *Грувер М., Зиммерс Э.* САПР и автоматизация производства. – М.: Мир, 1987. – 528 с. 2. *Мухин А.А., Гонсалес-Сабатер А.* Современным технологам – современные образовательные технологии // САПР и графика. – №1. – 2005. 3. *Галкин В.И.* Современное состояние вопроса о разработке и внедрении систем автоматизированного проектирования конструкторских и технологических работ // Цветные металлы. – 1998. – № 10-11. – С.47-52. 4. *Гагарин А.Л., Злыгарев В.А.* Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ в системе КРЕДО. // Информационные технологии в проектировании и производстве. – М.: ВИМИ, 1998. – № 1. – С.14-25. 5. *Алиев Ч.А., Тетерин Г.П.* Система автоматизированного проектирования технологии горячей объемной штамповки. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с. 6. *Аксенов Л.Б.* Системное проектирование процессов штамповки. – Л.: Машиностроение, 1990. – 240 с.

*Поступила в редакцию 12.11.2005*